

**DETERMINACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DISOCIACIÓN IÓNICA
QUE TIENE EL HIDRÓXIDO DE CALCIO USP (QUÍMICAMENTE PURO) EN IONES
CALCIO E HIDROXILO UTILIZANDO VEHÍCULOS VISCOSOS Y ACUOSOS, COMO
FACTOR IMPORTANTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROPIEDADES EN SU
UTILIZACIÓN COMO MEDICAMENTO INTRA CONDUCTO DURANTE PERÍODOS DE
24 HORAS, 7, 15, 30, 45 Y 60 DÍAS.**

Tesis presentada por:

JOHANNA CAROLINA SALGUERO RÍOS

**Ante el Tribunal de la Facultad de Odontología de la Universidad de San
Carlos de Guatemala, que practicó el Examen General Público, previo a
optar al Título de:**

CIRUJANA DENTISTA

Guatemala, noviembre de 2005.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Decano:	Dr. Eduardo Abril Gálvez
Vocal Primero:	Dr. Sergio Armando García Piloña
Vocal Segundo:	Dr. Guillermo Alejandro Ruiz Ordóñez
Vocal Tercero:	Dr. César Mendizábal Girón
Vocal Cuarto:	Br. Pedro José Asturias Sueiras
Vocal Quinto:	Br. Carlos Iván Dávila Álvarez
Secretaria Académica:	Dra. Cándida Luz Franco Lemus

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO

Decano:	Dr. Eduardo Abril Gálvez
Vocal Primero:	Dr. Guillermo Alejandro Ruiz Ordóñez
Vocal Segundo:	Dr. Sergio Armando García Piloña
Vocal Tercero:	Dr. Werner Edgardo Florián Jerez
Secretaria Académica:	Dra. Cándida Luz Franco Lemus

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Gracias por estar conmigo en todo momento, porque solo en ti mi Dios encontré el poder para vencer cualquier dificultad. Gracias Padre por permitirme alcanzar hoy esta meta, porque sé que solo por ti lo he logrado.

A MIS PADRES:

Francisco Arístides Salguero Paredes y Berta Alicia Ríos de Salguero, gracias por ser mi soporte en todo momento, gracias por todos sus sacrificios y por todas las palabras de aliento. Gracias por ser los mejores padres que Dios me pudo haber regalado, los amo y esta meta la alcance por ustedes.

A MIS HERMANAS:

Jeanette y Jacqueline, quienes siempre han estado conmigo dándome su apoyo y amor, gracias por ser quienes me inspiran a salir adelante, gracias por su confianza y el soporte que me han dado siempre no importando la circunstancia. Las amo mucho hermanitas.

A FRANCISCO:

Por todo su amor y apoyo a lo largo de todo este tiempo. Gracias por siempre estar conmigo, por alentarme a nunca darme por vencida y sobre todo gracias por amarme y cuidarme como lo hace. Dios me lo regaló en el momento indicado. Lo amo mucho.

A MIS ABUELITOS:

Silverio Ríos, Francisco Salguero, Rosa Anita Paredes (Q.E.P.D.), en especial a mi abuelita Cristina Portillo Vda. de Ríos por todo su amor y cariño.

A MI TIA NOE:

Por todo su cariño y apoyo.

A MIS TIOS:

En especial a mi tías Vilma, Evy, Zoily y a mis tíos Carlos, Maco, Sergio.

A MIS PRIMOS:

En especial a Erika, Angel Gabriel, Lucia y Javiercito.

A MIS AMIGOS:

Por todos los momentos compartidos, por su valiosa amistad y apoyo brindado en todo momento, en especial a Vivian Ulbán, Sara Mijangos y Magda Enríquez. A mis amigas del colegio Carolina, Amanda, Ligia, Cinthya Ortiz, Cinthya Rodríguez, Loreta, Indira, Maria Isabel, Liza, gracias por todos estos años de amistad.

A DON JOEL Y DOÑA VIOLETA:

Gracias por sus oraciones y por estar al pendiente siempre de mí.

A CASA ALELUYA:

Por apoyarme en la realización de mi EPS.

TESIS QUE DEDICO

A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:

Por ser mi casa de estudios para mi formación profesional.

A FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Por permitirme alcanzar una de las metas en mi vida.

A MI ASESOR DE TESIS:

Dr. Werner Florián por su valiosa colaboración y apoyo.

A MIS CATEDRÁTICOS:

Por su amistad y enseñanzas a lo largo de mi carrera.

AL INSTITUTO EXPERIMENTAL DE LA ASUNCIÓN:

Por formar la base para realizarme como profesional.

A SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ:

En especial a CASA ALELUYA por su amistad, confianza y apoyo.

A TODOS MIS PACIENTES:

Por su confianza, paciencia y apoyo.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis intitulado:
DETERMINACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DISOCIACIÓN IÓNICA QUE TIENE EL HIDRÓXIDO DE CALCIO USP (QUÍMICAMENTE PURO) EN IONES CALCIO E HIDROXÍLO UTILIZANDO VEHÍCULOS VISCOSOS Y ACUOSOS, COMO FACTOR IMPORTANTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROPIEDADES EN SU UTILIZACIÓN COMO MEDICAMENTO INTRACONDUCTO DURANTE PERÍODOS DE 24 HORAS, 7, 15, 30, 45 Y 60 DÍAS, conforme lo demandan los Estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al Título de:

CIRUJANA DENTISTA

Quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo de investigación, en especial al Dr. Werner Florián por su valiosa colaboración. Al personal del Laboratorio Soluciones Analíticas, a los docentes del Postgrado de Endodoncia y al Dr. Edwin Milián

por toda su ayuda, y a ustedes distinguidos miembros del Honorable Tribunal Examinador, reciban mis más altas muestras de respeto y consideración.

INDICE

	Página
Sumario	1
Introducción	2
Planteamiento del Problema	3
Justificación	4
Revisión de Literatura	5
Objetivos	22
Hipótesis	23
Variables	24
Materiales y Métodos	30
Resultados	34
Discusión de Resultados	38
Conclusiones	41
Recomendaciones	42
Bibliografía	43
Anexos	47

SUMARIO

Con la finalidad de analizar por espectrofotometría de absorción atómica y potenciometría el comportamiento del hidróxido de calcio con cinco diferentes vehículos, dos vehículos viscosos: propilenglicol y polietilenglicol; y tres acuosos: solución isotónica, clorhexidina y anestesia sin vasoconstrictor a diferentes períodos de tiempo (24 horas, 7, 15, 30, 45 y 60 días), se determinó el vehículo que le da al hidróxido de calcio una mejor disociación iónica.

Los resultados muestran que el vehículo que mostró mejor comportamiento al combinarse con Hidróxido de Calcio fue el propilenglicol liberando entre 880 ppm y 1110 ppm de iones calcio entre las 24 horas hasta los 60 días. Con respecto al valor de pH, éste se mantuvo en un rango de entre 12.80 a 12.97 en todos los vehículos estudiados a partir de las 24 horas de iniciado el estudio.

Con base en los hallazgos de este estudio, se concluye que el vehículo idóneo para hidróxido de calcio es el propilenglicol porque permitió una mejor disociación en iones calcio e hidroxilo a lo largo de 60 días debido a su viscosidad. Así mismo, los vehículos polietilenglicol y anestesia sin vasoconstrictor mostraron buenos resultados por lo que también representan una buena alternativa en cuanto a vehículos; ya que permiten una buena disociación iónica.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se presenta un análisis sobre la importancia de la utilización del vehículo idóneo con el medicamento intraconducto de hidróxido de calcio, factor de suma importancia para el aprovechamiento de sus propiedades terapéuticas. Para ello se realizó un estudio *in vitro* de cinco de los vehículos más utilizados actualmente en Endodoncia, estos son: propilenglicol, polietilenglicol, anestésico sin vasoconstrictor, clorhexidina y solución isotónica, los cuales fueron estudiados en períodos de 24 horas, 7, 15, 30, 45 y 60 días. Estos vehículos fueron analizados en base a su capacidad de disociación en iones calcio e hidroxilo a través de espectrofotometría y potenciometría. Al utilizar la medicación de hidróxido de calcio con un vehículo que permite una disociación iónica lenta y sostenida, se logra la optimización de las propiedades terapéuticas de la medicación con hidróxido de calcio tales como su capacidad para inducir la formación para causar oclusión intratubular, acción antibacteriana y capacidad de disolución tisular.

La clave para el éxito en el tratamiento de conductos radiculares consiste en la adecuada limpieza del conducto radicular, de allí deriva la importancia de poner en relieve evidencia científica tales como este estudio, que permita escoger el vehículo idóneo para lograr mejores resultados con la medicación de hidróxido de calcio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El hidróxido de calcio es un compuesto químico utilizado ampliamente en el tratamiento endodóntico como medicamento intraconducto, pero no existe un criterio que permita a los profesionales de esta área de la Estomatología, identificar y utilizar el vehículo idóneo para combinarlo, pues de ello, depende la optimización de sus propiedades, entre otras; capacidad para inducir la formación de tejido duro (propiedades mineralizantes), incidencia para causar oclusión intratubular, acción antibacteriana y capacidad de disolución tisular (propiedades antimicrobianas). Estas propiedades se fundamentan en la capacidad de disociación iónica que tiene el hidróxido de calcio en iones calcio e hidroxilo. Es por ello que surge la interrogante ¿Con cuál vehículo se disocia mejor el hidróxido de calcio y en cuál período de tiempo?

JUSTIFICACIÓN

Es necesario obtener evidencia científica que permita conocer con que vehículo el hidróxido de calcio se comporta mejor, es decir, logra una mejor disociación en iones calcio e hidroxilo, factor primordial para la terapéutica de la apicoformación y la eliminación de microorganismos de conductos radiculares infectados con lesión periapical, temas de constante preocupación en el área endodóntica. Todos estos beneficios terapéuticos se deben a la alta alcalinidad del hidróxido de calcio y su capacidad de ionizarse con rapidez. En la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se ha utilizado la medicación intraconducto con Hidróxido de Calcio sin que se haya evaluado el vehículo idóneo que produzca una mejor disociación iónica lenta y sostenida de los iones de calcio e hidroxilo.

Así mismo es necesario analizar el tiempo en que la medicación de hidróxido de calcio combinada con los cinco diferentes vehículos estudiados produce una mayor disociación iónica, información que es de gran utilidad para saber hasta que momento es realmente efectiva la medicación de hidróxido de calcio dentro el conducto.

REVISIÓN DE LITERATURA

CARACTERISTICAS DEL HIDROXIDO DE CALCIO

El hidróxido de calcio es un polvo blanco, alcalino (pH 12.8), poco soluble en agua (solubilidad de 1,2 g/litro de agua, a temperatura de 25°C). Se trata de una fuerte base obtenida a partir de la calcinación del carbonato cálcico, hasta su transformación en óxido de calcio ⁽⁴⁾. Con la hidratación del óxido de calcio se llega a obtener el hidróxido de calcio, estas reacciones químicas se representan así:



De acuerdo a Manfredi tiene tendencia a formar carbonato de nuevo combinándose con el anhídrido carbónico del aire. El carbonato de calcio es relativamente muy hidrosoluble y posee un pH de 8. Se ha demostrado que la transformación se lleva a cabo con extrema lentitud, pero se recomienda tener bien cerrado el frasco que lo contenga o, lo que es mejor, guardarlo cubierto por agua hervida en un frasco ambar bien cerrado, del cual se extraerá por medio de una espátula, eliminando el exceso de agua con una gasa ⁽¹³⁾.

HIDROXIDO DE CALCIO UTILIZADO COMO MEDICAMENTO INTRA-CONDUCTO

La desinfección del conducto, esto es, la destrucción de microorganismos patógenos, presupone una remoción previa adecuada de detritos y tejido pulpar, limpieza y agrandamiento del conducto por medios biomecánicos, y eliminación de su contenido por la irrigación. La desinfección del conducto se logra mediante la medicación intraconducto ⁽¹²⁾.

La "esterilización" del sistema de conductos radiculares en su forma más pura es imposible, ya que pueden permanecer bacterias luego de la limpieza y conformación del conducto radicular ⁽⁹⁾.

Engstrom, B. y Lundberg, M. (1965) mencionan que los microorganismos están implicados en el fracaso del tratamiento endodóntico ⁽¹⁸⁾.

La desinfección de conductos patológicamente comprometidos es considerada de relevante importancia en la terapia endodóntica. Dentro de los pasos involucrados en la desinfección, se puede destacar la utilización de medicamentos intraconducto como coadyuvante a la limpieza y conformación. Se han empleado muchos químicos, como fenólicos, aldehídos, antibióticos, esteroides, y recientemente hidróxido de calcio. La selección de estos medicamentos ha estado basada en la efectividad, toxicidad, potencial inflamatorio y difusibilidad ⁽⁷⁾.

Kakehashi et al. (1965), Sundqvist (1976) y Moller et al. mencionan que las bacterias juegan un papel decisivo en el desarrollo de la periodontitis apical ⁽²¹⁾. Por consiguiente, uno de los objetivos principales del tratamiento endodóntico es la eliminación de la totalidad de bacterias del conducto ⁽⁸⁾. Esto se logra normalmente por medio de la instrumentación mecánica utilizando diversas soluciones irrigadoras, y apósitos antibacterianos dentro del conducto entre citas. Algunos microorganismos que crecen dentro de los tubulillos dentinarios pueden no ser removidos por la instrumentación ⁽¹⁸⁾.

Un tratamiento endodóntico exitoso depende de muchos factores. Entre ellos, el más importante es la reducción o eliminación de bacterias de la cavidad pulpar y la remoción de substratos de los cuales dependen. La instrumentación biomecánica e irrigación son de vital importancia, pero el uso de medicamentos intraconducto entre citas como coadyuvante en la eliminación de la infección bacteriana también es importante. La base para su uso es doble. Primero, el medicamento puede reducir la flora microbiana por debajo de los niveles ya conseguidos durante la preparación del conducto,

particularmente penetrando en áreas no alcanzadas por los instrumentos o irrigantes. Segundo, permaneciendo dentro del conducto entre citas, un agente antimicrobiano puede prevenir la reinfección del conducto o reducir el riesgo de proliferación de bacteria residual ⁽⁷⁾.

Se ha demostrado que después de la instrumentación del conducto, y si no se utiliza un apósito intrarradicular, cualquier microorganismo que permanezca dentro de los conductos proliferará entre citas ⁽¹⁹⁾.

Para Goodman et al. (1988), citado por Barbosa, S. V et al., menciona que una terapia endodóntica exitosa depende de la significativa reducción en el número de microorganismos dentro del conducto. Considerando la gran variedad de microorganismos en el microambiente oral y su presencia en conductos infectados es necesariamente común el usar agentes antimicrobianos efectivos durante la terapia del conducto para asegurar una acción antimicrobiana en contra de un amplio espectro de microorganismos ⁽¹⁾.

El hidróxido de calcio ha sido usado en la terapia endodóntica desde 1920 cuando Hermann describió inicialmente su utilización en el tratamiento de los dientes no vitales. En el tratamiento endodóntico moderno, es más comúnmente utilizado como un apósito intraconducto. El papel del hidróxido de calcio en Endodoncia incluye su propiedad para inducir la formación de tejido duro, su incidencia para causar oclusión intratubular, sus acciones antibacterianas, y su capacidad de disolución tisular ⁽¹⁶⁾.

Actualmente es el medicamento de elección para pulpotomías o como protección pulpar directa. Se ha encontrado curación de heridas pulpares después de su utilización ⁽¹²⁾.

El hidróxido de calcio, al ser utilizado como medicamento intraconducto, requiere de un vehículo viscoso o soluble en agua. Se sabe que los vehículos viscosos tienen un mejor desempeño que los vehículos solubles en agua porque promueven un bajo grado de disociación iónica del hidróxido de calcio; lo que resulta en una liberación gradual de los iones Ca^{++} y la pasta se reabsorbe más lentamente. Esto incrementa el tiempo en que el material está en contacto con los tejidos ^(11, 7). En una suspensión espesa de polvo de Ca(OH)_2 en agua estéril o solución salina, menos del 0.2% del polvo se disuelve en iones de calcio e hidroxilo ⁽¹²⁾.

Leonardo recomienda una pasta cuya fórmula es la siguiente: Hidróxido de calcio (2.5 g), Sulfato de bario (0.5 g), Colofonia (0.05g) y como vehículo el Polietilenglicol 400 (1.75 ml). Por otra parte, Holland y col. sugieren una pasta con la siguiente composición: Hidróxido de calcio p.a. (5g), Óxido de zinc (2g), Colofonia (4 mg) y emplea el Propilenglicol (5 ml) como vehículo ⁽¹⁵⁾.

La adhesión de un agente tenso-activo a la solución saturada de hidróxido de calcio pudiese mejorar su acción antiséptica y de limpieza ⁽¹⁾.

Aún así, se ha cuestionado el uso de la medicación intrarradicular. Existe evidencia suficiente para indicar que la desinfección del conducto es una fase importante del tratamiento endodóntico. Los microorganismos presentes en el conducto pueden invadir el tejido periapical y no sólo pueden incrementar el dolor, sino también destruir el periodonto incluyendo al hueso ⁽⁸⁾. Grossman cita a

Akpata, Bystrom y Sundqvist, Holland et al., Pitt Ford, y Zielke, quienes han demostrado a través de estudios experimentales que la medicación intraconducto reduce o elimina la flora microbiana dentro del conducto. Sin embargo, Bender y otros son de la opinión de que el irrigar con hipoclorito de sodio al 5% y peróxido de hidrógeno al 3% durante la preparación biomecánica del conducto elimina la necesidad de utilizar un medicamento intraconducto. Sjogren et al. (1991) menciona que se ha cuestionado la necesidad del empleo de apósitos intraconducto ^(21, 8).

La finalidad principal de la medicación intrarradicular es de producir un mejor saneamiento del conducto radicular, ayudando a eliminar la mayor cantidad posible de microorganismos. En la necropulpectomía se necesita de una droga que haga por contacto, eliminación de las bacterias presentes en las paredes de los conductos radiculares ⁽¹¹⁾.

Los medicamentos intrarradicales se utilizan como complemento de una meticulosa limpieza y modelado del sistema de conductos radiculares. Su única función es conservar la asepsia dentro del conducto entre las diferentes citas de tratamiento ⁽²⁾.

REQUISITOS PARA MEDICAMENTO INTRACONDUCTO

Los requisitos de un desinfectante radicular son los siguientes: 1) debe ser un germicida y fungicida efectivo y poseer un efecto antimicrobiano prolongado; 2) no debe ser irritante para el tejido periapical; 3) debe permanecer estable en solución; 4) debe de estar activo en la presencia de sangre, suero, y derivados proteicos tisulares; 5) debe tener baja tensión superficial; 6) no deberá pigmentar la estructura dentaria; 7) deberá ser capaz de inactivar un medio de cultivo y 8) no deberá de inducir una

respuesta inmune mediada por células, ni interferir con el proceso de reparación de los tejidos periapicales ⁽⁸⁾.

PROPIEDADES TERAPÉUTICAS DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO COMO MEDICAMENTO INTRACONDUCTO

Acción Bactericida

Bystrom, A et al. (1985) menciona que el hidróxido de calcio es utilizado como un apósito intrarradicular de rutina y que se ha demostrado que su aplicación en conductos instrumentados e irrigados elimina efectivamente los microorganismos ⁽¹⁸⁾.

El hidróxido de calcio es usado en Endodoncia como un medicamento intraconducto y como una solución irrigadora. Aunque el hidróxido de calcio tiene una acción antimicrobiana, no es efectivo en un período corto de tiempo ni tampoco igualmente efectivo en contra de todos los microorganismos ⁽¹⁾. Estudios realizados por Bystrom (1986) reportan que el hidróxido de calcio es altamente efectivo contra los anaerobios ⁽⁷⁾.

Sundqvist, G et al. (1989), y Tronstad et al. (1987, 1990), consideran que los bacteroides con pigmentación negra y otros anaerobios obligados Gram-negativos predominan en la microflora de los conductos con patología periapical ^(18, 7).

Schein y Schilder (1975), postulan que las endotoxinas pueden jugar un papel importante en la lesión pulpar y periapical, mencionan además que las bacterias Gram-negativas se encuentran comúnmente en la cavidad bucal ⁽²⁰⁾. La pared celular de estos microorganismos gram-negativos está

compuesta o contienen endotoxinas, un complejo lipopolisacárido. Cuando estas bacterias mueren, su pared sufre lisis y se libera la endotoxina. También se ha encontrado que las endotoxinas estimulan la resorción ósea en cultivos tisulares (Hausman et al. 1972, Norton et al. 1970) y poseen la habilidad de atraer osteoclastos al hueso ⁽²⁰⁾. En estudios realizados por Schein y Schilder (1975) se obtuvieron resultados que demuestran que los dientes despulpados contienen niveles elevados de endotoxinas y que la mayoría de estas bacterias orales gram-negativas son anaerobios obligados y que el tejido necrótico les proporciona un medio anaerobio excelente. También hacen mención de la posible probabilidad de correlación positiva existente entre los niveles elevados de endotoxinas con los síntomas clínicos que son resultado del potencial inflamatorio de las endotoxinas ⁽²⁰⁾.

Martin (1991) en un estudio sobre limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, mostró que la endotoxina, un componente de la pared celular de las bacterias gram-negativas, era un factor causal en las rarefacciones apicales ⁽¹⁰⁾. Esta toxina no puede ser removida por la sola preparación mecánica. Martin también dio gran importancia a la presencia de endotoxinas dentro de los conductos con lesiones periapicales. Por lo que, se hace necesaria la irrigación y medicación intraconducto para obtener una buena desinfección ⁽¹⁰⁾. La terapia endodóntica exitosa depende, por lo tanto, en la remoción del material orgánico y endotoxinas ⁽¹⁰⁾.

En la actualidad, parece ser que los lipopolisacáridos (LPS), un componente de la pared celular de las bacterias Gram-negativas, juegan un papel importantísimo en el proceso de resorción ósea. Los LPS a través de su mitad lípido A estimulan la secreción de mediadores de resorción ósea, tal como la prostaglandina E₂ (PGE₂), de una gran variedad de células huésped, particularmente aquellas de tipo inmunológico. El LPS es una macromolécula relativamente estable, y se desprende de la pared celular

de ciertas bacterias durante el crecimiento y como resultado de la lisis de la célula bacteriana. Por lo tanto, puede persistir en los conductos radiculares luego de que los microorganismos sean no viables. En concentraciones mínimas, los LPS provocan efectos biológicos de importancia ⁽¹⁹⁾.

Se ha demostrado que los efectos biológicos de los LPS, tal como toxicidad, pirogenicidad, activación de macrófagos, y activación del complemento se pierden por la más leve modificación de la estructura Lípido A. Los principales constituyentes del Lípido A son glucosamina, fosfato y ácidos grasos ⁽¹⁹⁾.

Sweadner et al. (1977) evidenció que los LPS existen como un grupo heterogéneo de moléculas que varían en cuanto a tamaño. La masa molecular de los constituyentes del LPS más pequeño era más grande que 100 daltons ⁽¹⁹⁾.

Estudios realizados por Niwa et al. (1969), citado por Safavi & Nichols (1994), han demostrado que la más mínima alteración de la estructura Lípido A inactiva los LPS. Se ha demostrado que el tratamiento de los LPS con un álcali trae como resultado la liberación de hidroxí-ácidos grasos del Lípido A ⁽¹⁹⁾.

El estudio realizado por Safavi & Nichols (1994) sugieren que las propiedades biológicas de los LPS requieren de la presencia de enlaces tipo éster de los hidroxí-ácidos grasos y éstos enlaces son destruidos por medio del tratamiento con hidróxido de calcio. Por lo tanto, el uso del hidróxido de calcio como una medicación endodóntica intervisitas puede resultar en la detoxificación de los LPS residuales dentro del conducto ⁽¹⁹⁾.

No se conoce el destino de los hidroxiácidos grasos libres liberados dentro del conducto como resultado del deterioro de los LPS; así como tampoco se sabe si estos ácidos grasos tienen efecto alguno sobre los tejidos periapicales ⁽¹⁹⁾.

Un aspecto adicional del efecto terapéutico del hidróxido de calcio es su capacidad para desnaturalizar las proteínas. El tejido necrótico, influido por el hidróxido de calcio, aumentará de tamaño al doble y, por el hipoclorito de sodio, se disolverá con una velocidad doble al tejido no tratado con hidróxido de calcio ⁽²²⁾. Así pues, los restos hísticos que quedan en el conducto radicular tras la instrumentación quimicomecánica pueden fácilmente ser disueltos y eliminados con hipoclorito sódico después de un período de 1 semana o más con hidróxido de calcio en el conducto. De forma semejante, el contenido de los conductos laterales y accesorios y de otras áreas que no se pueden alcanzar mediante los instrumentos sufrirán la acción combinada del hidróxido de calcio y del hipoclorito sódico, obteniéndose un sistema de conductos radiculares con una limpieza óptima ⁽²²⁾.

El hidróxido de calcio prevendrá efectivamente el exudado de la obturación del conducto radicular y, en virtud de su presencia y de su prolongado efecto antibacteriano, impedirá la reinfección del conducto ⁽²²⁾.

Bystrom et al. (1985) y Sjogren et al. (1991) demostraron que el hidróxido de calcio efectivamente reduce los microorganismos cultivables de los conductos después de una semana de colocado el medicamento intraradicular. Estos autores sugieren que las propiedades antimicrobianas de acción lenta del hidróxido de calcio se deben a la liberación lenta de los iones hidroxilo ⁽¹⁾.

En el estudio realizado por Georgopoulou et al. (1993) se reporta que el hidróxido de calcio es altamente efectivo y de acción rápida contra algunos microorganismos que se relacionan con síntomas clínicos severos, tal como el *Bacteroides melaninogenicus* y el *Porphyromonas gingivalis*. Por lo que estos investigadores aseveran que es clínicamente observable el efecto benéfico en casos de exacerbación debido a la acción directa del medicamento sobre los microorganismos anteriormente mencionados ⁽⁷⁾.

En la actualidad es posible conseguir una acción antibacteriana prolongada de forma fácil y efectiva obturando el conducto radicular con una pasta de hidróxido de calcio y suero isotónico ⁽²²⁾.

Biocompatibilidad y Acción Antiinflamatoria

De acuerdo a Souza et al. (1989) la acción antiinflamatoria del hidróxido de calcio es generada por tres mecanismos diferentes: a) acción higroscópica, directamente relacionada con la absorción del exudado inflamatorio por la propia pasta; b) formación de puentes calcioproteícos, resultantes de la reacción de los iones Ca^{++} con las proteínas unidas a la sustancia intercelular de las células endoteliales, evitando la salida de líquidos de los vasos sanguíneos hacia los tejidos y, c) inhibición de la fosfolipasa por el hidróxido de calcio, por ende disminuyendo la lisis celular y, por consiguiente, la liberación de prostaglandinas, uno de los mediadores de la inflamación ⁽¹⁷⁾.

Se han demostrado excelentes resultados clínicos y biológicos cuando se utiliza este medicamento en casos vitales como un apósito intraconducto entre visitas o en la terapia de una sola cita como un tapón apical sobre el espacio pulpar previo a la obturación final ⁽⁵⁾.

Stuart et al. (1991) y Walton, R.E. (1984) mencionan que el hidróxido de calcio, clínicamente, controla aparentemente la infección y reduce la incidencia de la sintomatología entre citas con mayor efectividad que los medicamentos tradicionales, tal como el paracloromonofenol alcanforado (PCMC) y formocresol ⁽⁷⁾.

Acción Mineralizante

El hidróxido de calcio estimula el proceso de remineralización promoviendo la reparación apical debido a su elevado pH que activa la enzima fosfatasa alcalina, estimulando la liberación de fosfato inorgánico de los esteres de fosfato, de acuerdo con Estrela et al. (1995). Los iones de fosfato libres se unen con los iones de calcio provenientes de los tejidos, y forman el compuesto fosfato de calcio, que se precipita en la matriz orgánica en la formación de hidroxiapatita ⁽⁴⁾.

El hidróxido de calcio está indicado para el tratamiento de las reabsorciones cervicales externas en virtud de sus propiedades mineralizadoras y de estimulación del reparo apical. Además de ser empleado como auxiliar en el tratamiento de lesiones periapicales, el hidróxido de calcio también presenta otra acción biológica en lo que respecta en el tratamiento de apicogénesis en casos de reabsorción radicular, la cual se inicia por la pérdida de matriz inorgánica de la raíz. El tejido mineralizado expuesto es entonces destruido por la acción de células clásticas (osteoclastos y cementoblastos). El hidróxido de calcio promueve el aumento del pH en el medio, neutralizando ácido e inhibiendo la actividad enzimática relacionada a la reabsorción. Promueve también, la muerte de las células clásticas, paralizando el proceso de reabsorción, según estudio hechos por Siquiera JR., López en 1997 ^(4,17).

MECANISMO DE ACCIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO

Los mecanismos de acción del hidróxido de calcio se comprenden parcialmente. Cuando se mezcla con suero fisiológico, la pasta resultante tiene un pH de 12.5. Además, el hidróxido de calcio tiene un coeficiente de disociación de 0.17, lo que significa que si se aplica en el conducto radicular, se ionizará con rapidez y se disolverá lenta y gradualmente en los líquidos de los tubulos dentinarios, conductos laterales y accesorios y tejido periapical. En otras palabras, existe una liberación controlada de iones Ca^{++} y OH^- de la pasta hacia el conducto radicular. En consecuencia, el hidróxido de calcio tendrá un efecto terapéutico duradero y controlado ⁽²²⁾.

La disociación del hidróxido de calcio se lleva a cabo en presencia de agua de acuerdo a la siguiente reacción: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Ca}^{++} + 2\text{OH}^-$.

El hidróxido de calcio mantiene su efecto antibacteriano por un largo período de tiempo, debido a la lenta liberación de los iones hidroxilo (Procell 1949) ⁽²¹⁾.

El efecto terapéutico del hidróxido de calcio está claramente relacionado con los iones hidroxilo que conducen a una menor tensión de oxígeno y a un aumento del pH en el tejido periapical inflamado. Una baja tensión de oxígeno en el tejido favorece la formación y la reparación ósea, y un entorno alcalino tiene un efecto favorable sobre la mineralización. El posible efecto terapéutico de los iones calcio no se comprende tan bien, pero al parecer ejercería un efecto estimulante sobre ciertas fosfatasas alcalinas, que son enzimas vinculadas con la formación de tejidos duros. También es posible que los iones calcio tengan un efecto beneficioso sobre la respuesta inmunitaria local ⁽²²⁾.

Para que el hidróxido de calcio actúe efectivamente como un apósito intraconducto, el ión hidroxilo debe de ser capaz de difundirse a través de la dentina. La dentina posee la capacidad de amortiguar los iones hidroxilo, cuando éstos se difunden a través de ella ⁽¹⁶⁾.

Con un pH de 12.5 la pasta de hidróxido de calcio tiene un efecto antibacteriano excelente y excepcionalmente amplio. Ningún patógeno endodóntico conocido puede sobrevivir a este pH ⁽²²⁾.

VEHICULOS UTILIZADOS CON LA PASTA DE HIDRÓXIDO DE CALCIO

El hidróxido de calcio se utiliza mezclado con diversos vehículos. Se denominó a estas combinaciones pastas alcalinas por su elevado pH, utilizándose principalmente en el tratamiento de conductos radiculares como medicación temporal. Las principales características de estas pastas, de acuerdo con Fava y Saunders son: ⁽⁵⁾

1. Están compuestas principalmente por hidróxido de calcio, pero asociadas a otras
 - sustancias para mejorar sus propiedades físicas o químicas.
- 2.- No endurecen.
3. Se solubilizan y reabsorben en los tejidos vitales, a mayor o menor velocidad según el
 - vehículo con el que están preparadas.
4. Puede prepararlas uno mismo simplemente adicionando al polvo agua, o bien utilizarse preparados comerciales.
- 5.- Se emplean en el interior de los conductos radiculares como medicación temporal.

El añadido de sustancias al hidróxido de calcio tiene diversas finalidades: facilitar su uso clínico, mantener sus propiedades biológicas (pH elevado, disociación iónica), mejorar su fluidez, incrementar la radioopacidad ⁽⁵⁾.

Fava considera que el vehículo ideal debe: ⁽⁵⁾

1. Permitir una disociación lenta y gradual de los iones calcio e hidroxilo.
2. Permitir una liberación lenta en los tejidos, con una solubilidad baja en sus fluidos.
3. No tener un efecto adverso en su acción de favorecer la aposición de tejidos calcificados.

El hidróxido de calcio se utiliza mezclado con tres tipos principales de vehículos: ⁽⁵⁾

1. Acuosa. El más usado es el agua, aunque también se ha empleado solución salina, - solución de metilcelulosa, anestésicos y otras soluciones acuosas. Esta forma de preparación permite una liberación rápida de iones, solubilizándose con relativa rapidez en los tejidos y siendo reabsorbido por los macrófagos.
- 2.- Viscosa. Se han empleado glicerina, polietilenglicol y propilenglicol con el objetivo de disminuir la solubilidad de la pasta y prolongar la liberación iónica.
3. Aceites. Se han usado aceite de oliva, de silicona y diversos ácidos grasos, como el oleico - y el linoleico, para retardar aun más la liberación iónica y permitir esta acción en el interior de los conductos radiculares durante períodos prolongados de tiempo sin necesidad de renovar la medicación.

TIEMPO DE DURACIÓN DEL EFECTO TERAPEUTICO DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO

La interrogante sobre cuanto tiempo es realmente efectivo el hidróxido de calcio como medicación intraconducto ha sido un tema de constante discusión en la Endodoncia, pues hasta que período de tiempo realmente el hidróxido de calcio ejerce su efecto terapéutico y cada cuando es necesario cambiar la pasta es aún objeto de investigación.

En un estudio realizado por Sjogren et al. (1991) obtuvieron resultados en los que se demuestra que el hidróxido de calcio muestra ser altamente efectivo en matar la flora bacteriana persistente dentro del conducto en un lapso de 7 días. El apósito de hidróxido de calcio elimina las bacterias que sobreviven a la instrumentación biomecánica, y que estos resultados confiables y predecibles se pueden obtener en el período de tiempo anteriormente mencionado ⁽²¹⁾.

En el estudio realizado por Nerwich et al. (1993) se obtuvieron resultados que mostraban que se requiere de una duración de por lo menos 1 semana de hidróxido de calcio como medicamento intraconducto para elevar el pH de la dentina interna a 9.0, nivel en el cual muchas bacterias no crecen. Los resultados mostraron que los iones hidroxilo derivados del apósito intrarradicular de hidróxido de calcio se difunden en cuestión de horas hacia la dentina radicular interna pero requieren de 1 a 7 días para alcanzar la dentina radicular externa y de 2 a 3 semanas para alcanzar los valores más elevados. Se difunden más rápido y alcanzan niveles más altos en cervical que apicalmente. La permeabilidad y capacidad amortiguadora de la dentina son factores clave que afectan la difusión de los iones hidroxilo a través de la dentina radicular ⁽¹⁶⁾.

Leonardo et al. (1993) en un estudio realizado aconsejaba la renovación mensual de la pasta de hidróxido de calcio basado en reportes los cuales indicaban que el grado de resorción de este producto varía de acuerdo a su densidad y la amplitud de la comunicación periapical, la cual se inicia alrededor de los 15 días ⁽¹⁵⁾.

En los conductos laterales y accesorios, donde la instrumentación quimiomecánica sólo tiene un efecto limitado, las bacterias pueden quedar incluidas y protegidas por los componentes de tejido necrótico y material extracelular bacteriano, sobreviviendo a la influencia de un antiséptico durante períodos considerables. Incluso en áreas inaccesibles del sistema de conductos radiculares puede esperarse que las bacterias mueran finalmente bajo la influencia constante y duradera del hidróxido de calcio, pero en algunos casos puede ser necesaria una exposición prolongada al fármaco, de semanas e incluso meses. En la mayoría de los casos el conducto radicular se puede secar lo suficiente en la primera visita de forma que una sola aplicación de hidróxido de calcio durante 1-3 semanas baste para obtener un sistema de conductos radiculares libre de bacterias ⁽²²⁾.

En los casos clínicos en los que se utiliza el hidróxido de calcio durante un período breve (unas semanas) con intención antibacteriana, las pastas acuosas cumplirán su cometido por la mayor facilidad para la liberación de iones que las que usan un vehículo viscoso. Se facilitará también la eliminación de las mismas para poder efectuar la obturación de los conductos. Son las se utilizan en el tratamiento de dientes con periodontitis apical ⁽⁵⁾.

Cuando se requiere mantener la acción de la pasta durante mucho tiempo, como en los tratamientos de apicoformación, algunos autores prefieren una pasta con un vehículo viscoso como el

propilenglicol o la glicerina, aunque, las pastas con ambos tipos de vehículos han proporcionado resultados similares ⁽⁵⁾.

OBJETIVO GENERAL

Comparar la disociación en iones calcio e hidroxilo del hidróxido de calcio utilizando vehículos viscosos y acuosos en diferentes periodos de tiempo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar la concentración de iones de calcio e hidroxilo, utilizando hidróxido de calcio marca Rite Dent USP(químicamente puro) en combinación con propilenglicol, en periodos de 24 horas, 7, 15, 30, 45 y 60 días.
2. Determinar la concentración de iones de calcio e hidroxilo, utilizando hidróxido de calcio marca Rite Dent USP(químicamente puro) en combinación con polietilenglicol 400, en periodos de 24 horas, 7, 15, 30, 45 y 60 días.
3. Determinar la concentración de iones de calcio e hidroxilo, utilizando hidróxido de calcio marca Rite Dent USP(químicamente puro) en combinación con suero fisiológico, en periodos de 24 horas, 7, 15, 30, 45 y 60 días.
4. Determinar la concentración de iones de calcio e hidroxilo, utilizando hidróxido de calcio marca Rite Dent USP(químicamente puro) en combinación con lidocaína al 2%, en periodos de 24 horas, 7, 15, 30, 45 y 60 días.
5. Determinar la concentración de iones de calcio e hidroxilo, utilizando hidróxido de calcio marca Rite Dent USP(químicamente puro) en combinación con clorhexidina al 2%, en periodos de 24 horas, 7, 15, 30, 45 y 60 días.

HIPÓTESIS

Los vehículos viscosos permiten una disociación iónica lenta y sostenida durante mayor período de tiempo del hidróxido de calcio como medicamento intraconducto que los vehículos acuosos.

VARIABLES

1. IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

1. pH: Se define como “el logaritmo negativo del ion hidrógeno en moles por litro”⁽³⁾. De esta forma se proporciona un número positivo para el pH, el cual, de otra manera, sería negativo debido al pequeño valor del hidrógeno.

$$\text{pH} = - \log [\text{H}^{+}]$$

El empleo del pH es conveniente para determinar la acidez o alcalinidad relativa de una solución. El pH aumenta a medida que el hidrógeno disminuye. La escala de pH se mantiene en un intervalo de 0 a 14. De igual forma, se puede hablar de pOH o potencial de iones hidroxilo. En una solución, la suma del pH más el pOH da 14. En el caso del hidróxido de calcio, para calcular su pH se debe obtener primero el pOH, puesto que el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se disocia en iones Ca^{++} y en iones OH^{-} . El pOH se determina con base en el logaritmo negativo de la concentración de iones OH^{-} medida en moles por litro:⁽³⁾

$$\text{pOH} = - \log[\text{OH}^{-}]$$

Cualquier medida debajo de 7 indica un medio ácido y arriba de 7 indica un medio alcalino. El potenciómetro o pH-metro se utiliza en los laboratorios para realizar mediciones de pH en una solución.

2. Espectro de líneas del ión calcio (para determinar la concentración de iones calcio): Cuando un electrón se encuentra en estado excitado absorbe energía radiante la cual emite un espectro característico. En 1859 Robert Bunsen y Gustav Kirchorff informaron que cada elemento poseía un espectro característico, todo esto era posible observarlo gracias al espectroscopio. El espectro continuo se aprecia cuando se hace pasar luz blanca a través del prisma. Cada línea corresponde a luz de energía y frecuencia definidas. El espectroscopio (espectrofotómetro de absorción atómica) es el instrumento que nos permite observar este espectro ⁽³⁾.

3. Hidróxido de Calcio marca Rite Dent: A partir de la combustión del carbonato de calcio se obtiene óxido de calcio y anhídrido carbónico. Cuando la primera sustancia se combina con agua se consigue hidróxido cálcico. Éste es un compuesto inestable, susceptible de combinarse con el anhídrido carbónico del aire, transformándose de nuevo en carbonato cálcico.

El hidróxido de calcio marca Rite Dent se presenta como un polvo de color blanco, con un pH alrededor de 12,5, insoluble en alcohol y escasamente soluble en agua. Esta propiedad representa una ventaja clínica ya que, cuando se pone en contacto con los tejidos del organismo, se solubiliza en ellos de forma lenta. Sus principales efectos en Endodoncia son su actividad antibacteriana y su capacidad para favorecer la aposición de tejidos calcificados.

4. Suero Fisiológico: Solución isotónica del cloruro de sodio NaCl al 0.9% que contiene 154 mEq/L de sodio por litro (mEq/L), 154 mEq/L de cloruro por litro; con una osmolalidad de 308 miliosmoles por kilogramo.

5. Anestésico sin vasoconstrictor: Los anestésicos locales son bases débiles poco solubles en agua. Están disponibles en forma de sales por razones de solubilidad y estabilidad. Están constituidos por un grupo lipofílico (anillo aromático), los cuales son conectados por una cadena intermedia (radical éster o amida) a un grupo ionizable (amida terciaria). Bloquean la conducción del impulso nervioso, esta acción es sensible al pH. Los anestésicos locales contienen una droga vasoconstrictora como la adrenalina, noradrenalina o levonornefrina, la cual ayuda a retardar la absorción de la solución reduciendo así su toxicidad. Los anestésicos locales de uso odontológico se dividen en ésteres y amidas. Los más utilizados son los tipo amida. La lidocaína pertenece a este grupo, y constituye el anestésico de más frecuente uso.

6. Clorhexidina al 2%: El gluconato de la bisguanida de clorhexidina se utiliza mucho en la desinfección de la piel previa a una operación, en la irrigación de heridas y en el tratamiento de las quemaduras. La clorhexidina es bactericida para las células grampositivas y gramnegativas, pero no es eficaz frente a micobacterias, esporas o virus. El gluconato es soluble en agua y se pueden añadir detergentes catiónicos y no iónicos a estas soluciones para mejorar las propiedades de limpieza y humectación. Debido a su poca toxicidad e irritabilidad, la clorhexidina se ha utilizado en la higiene bucal para reducir la caries y la enfermedad periodontal. El desinfectante se une a las membranas de la mucosa y se libera lentamente, llevando a cabo una acción antibacteriana continua. La clorhexidina parece dificultar la permeabilidad de la membrana. Inhibe la adenosina- trifosfatasa membranar, y la toma de potasio, y provoca la pérdida de solutos citoplasmáticos.

7. Propilenglicol: Es un líquido incoloro y casi inodoro, de sabor dulce, pero más ácido que el etileno glicol. Es miscible en agua y alcohol y poco soluble en benceno. Esta sustancia se caracteriza por tener

en su estructura química grupos OH con ligera carga negativa, los cuales pueden reaccionar con el ión Ca^{++} a través de enlaces ión-dipolo, así como átomos de hidrógeno que pueden reaccionar con los iones OH^- del hidróxido de calcio.

8. Polietilenglicol: Es un líquido bastante viscoso, inodoro y de sabor dulce, miscible con agua, el alcohol y la mayoría de solventes orgánicos. Absorbe más o menos dos veces su peso de la humedad atmosférica. Esta sustancia también se caracteriza por tener en su estructura química grupos OH con ligera carga negativa, los cuales pueden reaccionar con el ión Ca^{++} a través de enlaces ión-dipolo, así como átomos de hidrógeno que pueden reaccionar con los iones OH^- del hidróxido de calcio.

2. INDICADORES

1. pH: Para obtener el pH de las muestras analizadas se utilizó el potenciómetro de Laboratorio "Soluciones Analíticas" marca CORNING 2200. El potenciómetro se calibra con soluciones buffer marca Baker de pH 7 y pH 4.

2. Espectro de líneas del ión calcio (para determinar la concentración de iones calcio): El espectroscopio (espectrofotómetro de absorción atómica) es el instrumento que nos permite observar este espectro. Para esta investigación se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica marca SHIMADZU AA 6800. Para estandarizar los puntos de la curva de las muestras se utilizó Titrisol marca Merck a 1000ppm.

3. Hidróxido de Calcio marca Rite Dent: Fue utilizado el Hidróxido de Calcio USP (químicamente puro), de la casa Rite Dent Mfg. Corp 1056 East 3rd Street Hialeah, FL 33013, en su presentación de 2 oz.

4. Suero Fisiológico: Solución isotónica del cloruro de sodio NaCl al 0.9% marca Bonin lote 5G4136B.

5. Anestésico: Se utilizó mepivacaine (HCl Injection, USP) marca Polocaine Dental al 3%. Lote 309153.

6. Clorhexidina al 2%: Fue utilizado en la investigación gluconato de clorhexidina diluido en agua al 2 % proporcionado por del Departamento de Postgrado de Endodoncia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7. Propilenglicol: Se utilizó propilenglicol marca L-963 de la Droguería y Laboratorio LAFIMARQ en su presentación líquida de 240 ml.

8. Polietilenglicol: Se utilizó Carbowax 400 líquido (polietilenglicol) de la Drogueria y laboratorio QUINFICA.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. MÉTODO

Se determinó mediante método experimental en un estudio realizado *in vitro*, la capacidad de disociación iónica que tiene el Hidróxido de Calcio USP (químicamente puro) marca Rite Dent utilizando cinco diferentes vehículos, dos viscosos: propilenglicol, polietilenglicol, y tres acuosos: solución isotónica, anestesia sin vasoconstrictor y clorhexidina, durante períodos de 24 horas, 7, 15, 30, 45 y 60 días. Para cada muestra con su correspondiente vehículo se analizó simultáneamente un duplicado (muestra A y B). La concentración de iones calcio se obtuvo por medio de un espectrofotómetro, y la concentración de iones hidroxilo se obtuvo a través de un potenciómetro.

2. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

- A) Se evaluaron dos vehículos viscosos: Propilenglicol, Polietilenglicol 400, y 3 acuosos suero fisiológico, clorhexidina al 2% y licocaína al 2%.
- B) Se prepararon pastas con 2.5g de Hidróxido de Calcio Rite Dent USP(químicamente puro), para uso odontológico el cual fue pesado por medio de una balanza analítica en la que primero se obtuvo el peso tara del papel cera utilizado para colocar el polvo de hidróxido de calcio, posteriormente se estandarizó la pesa y se procedió a pesar 2.5g, esto se realizo con el objeto de tener una exactitud en cuanto al peso del hidróxido de calcio. Posterior a esto se mezclo con 1.75 ml de cada vehículo a analizar, paso que fue hecho por medio de una pipeta.
- C) Cada una de las pastas se colocaron dentro de una jeringa desechable y se depositaron 1 ml dentro de una membrana semipermeable de celofán, la cual se sumergió en recipientes de vidrio conteniendo 25 ml de agua desionizada, con el fin de que los iones de calcio e hidroxilo liberados por dicha sustancia se difundieran a través de la membrana intentando crear un ambiente análogo a las condiciones presentes dentro del sistema de conductos. Todas las muestras se corrieron por duplicado y se utilizó como control negativo un recipiente con 25 ml de agua desionizada. Estas muestras fueron preservadas a temperatura ambiente.
- D) Las bolsas de celofán que contenían las pastas fueron retiradas del recipiente y el contenido líquido fue analizado de la siguiente manera:
-  La concentración de iones calcio liberados se midió a través de un espectrofotómetro de absorción atómica. El **espectroscopio** es un instrumento electrónico que los químicos utilizan

para ayudar a observar el espectro de luz que emite un átomo excitado al absorber energía radiante. Cada átomo posee diferente espectro de luz el cual depende de la luz de energía y de su frecuencia.

■ La concentración de iones hidroxilo se determinó a través de un potenciómetro. El **potenciómetro** es un instrumento electrónico que permite realizar mediciones más exactas del pH, estas mediciones se pueden realizar con una precisión de alrededor de 0.01 unidades de pH.

- E) El análisis se repitió durante periodos 24 horas, 7 días, 15 días, 30 días, 45 días y 60 días.
- F) Se realizó cuadros para presentar y, comparar los resultados entre las distintas pastas de hidróxido de calcio.

3. RECURSOS

Materiales

- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Potenciómetro
- Balanza analítica
- Vaso de precipitación
- Papel encerado
- Vehículos (suero fisiológico, lidocaina al 2%, clorhexidina al 2%, propelinglicol, polietilenglicol 400)
- Agua destilada o desionizada
- Hidróxido de calcio USP(químicamente puro) marca Rite Dent
- Boleta de recolección de datos
- Lapicero
- Lozeta
- Espátula
- Bolsa de celofán
- Gasas

RESULTADOS

Los datos muestran la concentración de iones calcio e hidroxilo en soluciones de hidróxido de calcio con 5 diferentes vehículos, mediciones que se obtuvieron a las 24 horas, 7, 15, 30, 45 y 60 días de iniciado el estudio. La solución de hidróxido de calcio con propilenglicol fue la que liberó mayor concentración de iones calcio a las 24 horas, arrojando un resultado promedio de 880 ppm. De los 5 vehículos estudiados la solución de hidróxido de calcio con clorhexidina fue la que liberó menor cantidad de iones calcio, liberando un promedio de 685 ppm. Estos resultados se mantuvieron a los 7 días de iniciado el estudio no mostrando ninguna variación (Ver Tabla No. 1).

Al analizar los datos obtenidos a los 15 días se puede observar que todas las soluciones de hidróxido de calcio con los cinco diferentes vehículos aumentaron la cantidad de iones calcio que se estaban liberando. Nuevamente el vehículo que permitió una mejor disociación de iones calcio fue el propilenglicol liberando 979 ppm. Es importante notar que el vehículo clorhexidina mejoró notablemente su liberación iónica de calcio dando un resultado de 946 ppm aumentando prácticamente un 37 % con respecto al último análisis (Ver Tabla No. 1).

A partir de los 30 días los resultados variaron entre 2% y 3% con respecto a los resultados anteriores pero manteniendo la constante de que el vehículo que sigue permitiendo una mejor disociación iónica es el propilenglicol. Sin embargo los resultados más altos en cuanto a liberación de iones calcio de todas las mediciones se obtuvieron a los 60 días de iniciado el estudio nuevamente con el vehículo propilenglicol, liberando 1110 ppm (Ver Tabla No. 1).

En cuanto a la concentración de iones hidroxilo, esta prácticamente se mantuvo en niveles altos de alcalinidad desde las 24 horas de iniciado el estudio en todos los vehículos y no se registró mayor variación a lo largo de los 60 días que duró el estudio, manteniéndose entre un rango de 12.84-13 (Ver Tabla No. 2).

TABLA No. 1

**Concentración de iones calcio en soluciones de hidróxido de calcio
con 3 vehículos acuosos y 2 vehículos viscosos**

	24hrs ppm	7 días ppm	15 días ppm	30 días ppm	45 días ppm	60 días ppm
Propilenglicol	880	880	979	982	958	1110
Polietilenglicol						
I	846	846	904	946	914	1102
Anestesia	825	825	946	958	932	1088
Sol. Isotónica	685	685	888	896	915	1071
Clorhexidina	592	592	946	1006	853	970

Fuente: Estudio realizado en Soluciones Analíticas Noviembre 2004-Enero 2005

TABLA No. 2

**Ph en soluciones de hidróxido de calcio con 3 vehículos acuosos y
2 vehículos viscosos**

	24hrs	7 días	15 días	30 días	45 días	60 días
Propilenglicol	13	12.91	12.86	13	12.91	12.97
Polietilenglicol	13	12.85	12.87	13	12.85	13
Anestesia	12.92	12.89	12.87	12.94	12.89	13
Sol. Isotónica	12.84	12.91	12.88	12.94	12.91	13
Clorhexidina	12.85	12.91	12.88	12.94	12.91	12.94

Fuente: Estudio realizado en Soluciones Analíticas Noviembre 2004-Enero 2005

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este estudio es una evidencia científica de un análisis realizado en soluciones de hidróxido de calcio con cinco diferentes vehículos para conocer con cual vehículo el hidróxido de calcio se comporta mejor en base a su disociación iónica, pero como todo estudio *in vitro* presenta limitantes que no permiten igualar a las condiciones en que se encontraría realmente la medicación intraconducto. Sin embargo es posible obtener una excelente evidencia ya que se busco asimilar las condiciones reales en las que se encontraría la solución de hidróxido de calcio dentro del conducto radicular.

A las 24 horas de iniciado el estudio el vehículo que permitió mayor liberación de iones calcio es el propilenglicol, con el cual se liberó 880 ppm seguido por el polietilenglicol el cual liberó 845 ppm, la anestesia 825 ppm, sol isotónica 685 ppm y la clorhexidina que fue el vehículo que menos iones calcio liberó, dando un resultado de 592 ppm, lo que probablemente se deba a que el gluconato de clorhexidina dificulta la permeabilidad de la membrana, en este caso representada por el papel celofán, porque inhibe la adenosina- trifosfatasa membranal, y la toma de potasio, y provoca la pérdida de solutos citoplasmáticos. Como se observa los vehículos viscosos, como el propilenglicol y el polietilenglicol, permitieron que a las 24 horas de iniciado el estudio se diera una mejor disociación iónica. Esto se puede deber a que en un vehículo viscoso existe una mayor tensión superficial de lo que existe en un vehículo acuoso lo que podría permitir que el polvo de hidróxido de calcio libere una mayor cantidad de iones porque mantiene, por así decirlo una mejor constante de las propiedades del polvo hidróxido de calcio, debido a la resistencia a fluir de esta solución.

Por otro lado, el pH de todas las soluciones evaluadas durante los primeros 7 días arrojaron un resultado bastante alto, todos arriba de 12, lo cual es considerado como bastante alcalino. La mayoría de bacterias que colonizan el área intra conducto no toleran un pH mayor a 11 por lo que esto explica el porque a las 24 horas de colocar el medicamento de hidróxido de calcio dentro del conducto radicular, la mayoría de pacientes ya experimenta alguna mejoría aunque no significativa, probablemente tal situación se deba a la poca liberación de iones calcio y el efecto antiinflamatorio que el calcio posee, esto según estudios realizados por Souza et al. (1989) al ayudar a la formación de puentes calcioproteicos⁽¹⁷⁾.

Al analizar los datos obtenidos a los 7 días de iniciado el estudio se observó que los resultados no han variado de los obtenidos a las 24 horas de iniciado el estudio. Pero al analizar los datos obtenidos a los 15 días se puede observar que todas las soluciones de hidróxido de calcio con los cinco diferentes vehículos han aumentado la cantidad de iones calcio que se está liberando. Nuevamente el vehículo que permitió una mejor disociación iónica fue el propilenglicol aumentando prácticamente un 10 % de los resultados obtenidos a las 24 horas y 7 días. Es importante notar que el vehículo clorhexidina mejoró notablemente su liberación iónica de calcio dando un resultado de 946 ppm aumentando prácticamente un 37 % con respecto al último análisis. Estos resultados pueden dar una pauta sobre como se comportan estos vehículos intraconducto lo que nos daría evidencia sobre el tiempo que debe transcurrir entre citas para el cambio del medicamento, es decir, que tal y como lo demuestran los resultados la solución de hidróxido de calcio permitió una mejor disolución iónica a partir de los 15 días por lo que el medicamento no debería ser cambiado del conducto antes de este tiempo.

Los resultados más altos en cuanto a liberación de iones calcio se obtuvieron a los 60 días de iniciado el estudio, manteniéndose la constante de que el vehículo que mayor cantidad de iones calcio liberó fue el propilenglicol, arrojando un resultado de 1110 ppm. Se puede decir que al ser viscoso el propilenglicol, presenta una mayor resistencia a fluir, por lo que esto explicaría que este vehículo permita una liberación iónica lenta y sostenida.

Puede decirse en base a los resultados obtenidos que el vehículo idóneo para el hidróxido de calcio es aquel que tenga una alta tensión superficial, ya que la difusión de la solución permitiría un movimiento iónico constante en el disolvente, y al haber una mayor tensión superficial existe una

mayor superficie en la que actuaría el soluto, en este caso el hidróxido de calcio, permitiendo de esta forma una mejor y mayor disociación iónica.

Probablemente si el medicamento se utiliza como medicamento intraconducto con el objeto de desinfectar el conducto infectado previo a la obturación del mismo se debería de dejar por lo menos durante un período mayor de 15 días no siendo necesario cambiarlo antes, ya que los mejores resultados según el estudio se obtuvieron después de este período de tiempo. Sin embargo si el objeto de la medicación intraconducto es producir una acción mineralizante el medicamento se puede mantener según el estudio realizado incluso 60 días, ya que los resultados más altos se obtuvieron hasta este período de tiempo, posiblemente debido a la alta tensión superficial del propilenglicol.

CONCLUSIONES

Con base en los hallazgos de este estudio, se concluye:

1. De las pastas analizadas en este estudio la que se comportó mejor a lo largo de los 60 días fue la que contenía propilenglicol, por lo que dados los resultados de esta investigación este representa el vehículo de primera elección.
2. Todas las pastas evaluadas sin importar el vehículo utilizado mantuvieron un pH alcalino adecuado a lo largo del estudio.
3. Además del propilenglicol, los vehículos polietilenglicol y anestesia sin vasoconstrictor mostraron buenos resultados por lo que también representan una buena alternativa en cuanto a vehículos ya que permiten una buena disociación iónica.
4. Con este estudio se demuestra que no es necesario cambiar la pasta de hidróxido de calcio cada semana, cuando se utilizan los vehículos analizados; pudiendo permanecer dentro del conducto por lo menos durante 60 días.

RECOMENDACIONES

En este estudio se recomienda:

1. Utilizar en tratamientos de apicoformación la medicación de hidróxido de calcio con propilenglicol; ya que fue el vehículo que mejor disociación iónica permitió a lo largo de 60 días que duró el estudio.
2. No cambiar semanalmente la medicación de hidróxido de calcio ya que su mejor disociación iónica se obtiene a partir de los 15 días.
3. Analizar los vehículos estudiados por mayor cantidad de tiempo para saber hasta cuando el efecto de la medicación de hidróxido de calcio es efectiva.
4. Realizar estudios *in vivo* con estos vehículos analizados para controlar mejor las limitantes que esta investigación haya presentado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barbosa, S.V. et al. (1994). **Low surface tension calcium hydroxide solution is an effective antiseptic.** Int. Endo. J. 27: 6-10.
2. Besner, E. y Ferrigno, P.D. (1985). **Endodoncia práctica.** Trad. Roberto Aguilar. México: El Manual Moderno. pp. 108.
3. Burns, R. (1996). **Fundamentos de química.** Trad. Héctor J. Escalona. 2a. ed. México: Pretice Hall Hispanoamericana. pp. 132-137.
4. Estrela, C., Pecora, J. (1995). **Características químicas do hidróxido de calcio.** (en línea). Brasil: Consultado el 5 de Jun. del 2004. Disponible en: <http://www.forp.usp.br/restauradora/calcio/quimica.htm>.
5. Fava, L.R.G. (1994). **A clinical evaluation of one and two-appointment root canal therapy using calcium hydroxide.** Int. Endo. J. 27: 47-51.
6. Foster, K. et al. (1993). **Effect of smear layer on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin.** J.O.E. 19(3):136-140.



7. Georgopoulou, M.; Kontakiotis, E. y Naku, M. (1993). **In vitro evaluation of the effectiveness of calcium hydroxide and paramonochlorophenol on anaerobic bacteria from the root canal.** U.S.A: Endodontics & Dental Traumatology. pp. 249-253.
8. Grossman, L.I., Oliet, S. y Rio, C.E. del. (1988). **Endodontic practice.** 11 ed. Philadelphia: Lea & Febiger. pp. 228-233.
9. Gutmann, J.L. y Fava, L.R.G. (1992). **Periradicular healing and apical closure of a non-vital tooth in the presence of bacterial contamination.** Int. Endo. J. 25: 307-311.
10. Haikel, Y. et al. (1994). **In vitro efficiency of endodontic irrigation solutions on protein desorption.** Int. Endo. J. 27: 16-20.
11. Holland, R. et al. (1997). **Reaction of human periapical tissue to pulp extirpation and immediate root canal filling with calcium hydroxide.** J.O.E. 3:63-67.
12. Ingle, J.I. y Taintor, J.F. (1992). **Endodoncia.** Trad. José L. García. 3 ed. México: Interamericana. pp. 585-596.
13. Lasala, A. (1979). **Endodoncia.** 3 ed. España: Salvat Editores. pp. 235-237.



14. Leonardo, M.R. et al. (1993). **Histological evaluation of therapy using a calcium hydroxide dressing for teeth with incompletely formed apices and periapical lesions.** J.O.E. 19(7):348-352.
15. _____ y Leal, J.M. (1991). **Endodoncia: tratamiento de los conductos radiculares.** Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana. pp. 256-260.
16. Nerwich, A. et al. (1993). **Ph changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide.** J.O.E. 19(6): 302-305.
17. Quidute, I. et al. (2002). **Hidróxido de cálcio como mecicação intracanal: revisión.** (en línea). Brasil: Consultado el 15 de Jun. del 2004. Disponible en: www.endodontia.org.
18. Safavi, K. y Nichols, F. (1994). **Alteration of biological properties of bacterial lipopolysaccharide by calcium hydroxide treatment.** J.O.E. 20(3): 127-129.
19. _____ (1993). **Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide.** J.O.E. 19(2): 76 - 78.
20. _____ Spangberg, L. y Langeland, K. (1990). **Root canal dentinal tubule disinfection.** J.O.E. 16(5): 207-210.



- 21.Sjogren, U. et al. (1991). **The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short - term intracanal dressing.** Int. Endo. J. 24: 119-125.
- 22.Tronstad, L. (1993). **Endodoncia clínica.** Trad. Javier González L. Barcelona, España: Ediciones científicas y técnicas. pp. 107-111.

119-125.



PRINCIPALES TÉRMINOS UTILIZADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN

1. pH: Se define como “el logaritmo negativo del ion hidrógeno en moles por litro”⁽³⁾. De esta forma se proporciona un número positivo para el pH, el cual, de otra manera, sería negativo debido al pequeño valor del hidrógeno.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

El empleo del pH es conveniente para determinar la acidez o alcalinidad relativa de una solución. El pH aumenta a medida que el hidrógeno disminuye. La escala de pH se mantiene en un intervalo de 0 a 14. De igual forma, se puede hablar de pOH o potencial de iones hidroxilo. En una solución, la suma del pH más el pOH da 14. En el caso del hidróxido de calcio, para calcular su pH se debe obtener primero el pOH, puesto que el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se disocia en iones Ca^{++} y en iones OH^- . El pOH se determina con base en el logaritmo negativo de la concentración de iones OH^- medida en moles por litro:⁽³⁾

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

2. Potenciómetro: o pH-metro se utiliza en los laboratorios para realizar mediciones de pH en una solución⁽³⁾.

3. Absorción atómica: Absorción de energía radiante basada en el estado en que se encuentran los átomos⁽³⁾.

4. Espectrofotómetro: (para determinar la concentración de iones calcio): Cuando un electrón se encuentra en estado excitado absorbe energía radiante la cual se emite un espectro característico. En 1859 Robert Bunsen y Gustav Kirchorff informaron que cada elemento poseía un espectro característico, todo esto era posible observarlo gracias al espectroscopio. El espectro continuo se aprecia cuando se hace pasar luz blanca a través del prisma. Cada línea corresponde a luz de energía y frecuencia definidas. El espectroscopio (espectrofotómetro de absorción atómica) es el instrumento que nos permite observar este espectro ⁽³⁾.

5. Hidróxido de Calcio químicamente puro: A partir de la combustión del carbonato de calcio se obtiene óxido de calcio y anhídrido carbónico. Cuando la primera sustancia se combina con agua se consigue hidróxido cálcico. Éste es un compuesto inestable, susceptible de combinarse con el anhídrido carbónico del aire, transformándose de nuevo en carbonato cálcico.

El hidróxido de calcio se presenta como un polvo de color blanco, con un pH alrededor de 12,5, insoluble en alcohol y escasamente soluble en agua. Esta propiedad representa una ventaja clínica ya que, cuando se pone en contacto con los tejidos del organismo, se solubiliza en ellos de forma lenta. Sus principales efectos en endodoncia son su actividad antibacteriana y su capacidad para favorecer la aposición de tejidos calcificados.

6. Suero Fisiológico: Solución isotónica del cloruro de sodio NaCl al 0.9% que contiene 154 mEq/L de sodio por litro (mEq/L), 154 mEq/L de cloruro por litro; con una osmolalidad de 308 miliosmoles por kilogramo.

7. Anestésico (lidocaína al 2%): Los anestésicos locales con bases débiles poco solubles en agua. Están disponibles en forma de sales por razones de solubilidad y estabilidad. Están constituidos por un grupo lipofílico (anillo aromático), los cuales son conectados por una cadena intermedia (radical éster o amida) a un grupo ionizable (amida terciaria). Bloquean la conducción del impulso nervioso, esta acción es sensible al pH. Los anestésicos locales contienen una droga vasoconstrictora como la adrenalina, noradrenalina o levonornefrina, la cual ayuda a retardar la absorción de la solución reduciendo así su toxicidad. Los anestésicos locales de uso odontológico se dividen en ésteres y amidas. Los más utilizados son los tipo amida. La lidocaína pertenece a este grupo, y constituye el anestésico de más frecuente uso.

8. Clorhexidina al 2%: El gluconato de la bisguanida de clorhexidina se utiliza mucho en la desinfección de la piel previa a una operación, en la irrigación de heridas y en el tratamiento de las quemaduras. La clorhexidina es bactericida para las células grampositivas y gramnegativas, pero no es eficaz frente a micobacterias, esporas o virus. El gluconato es soluble en agua y se pueden añadir detergentes catiónicos y no iónicos a estas soluciones para mejorar las propiedades de limpieza y humectación. Debido a su poca toxicidad e irritabilidad, la clorhexidina se ha utilizado en la higiene oral para reducir la caries y la enfermedad periodontal. El desinfectante se une a las membranas de la mucosa y se libera lentamente, llevando a cabo una acción antibacteriana continua. La clorhexidina parece dificultar la permeabilidad de la membrana. Inhibe la adenosina- trifosfatasa membranar, y la toma de potasio, y provoca la pérdida de solutos citoplasmáticos.

9. Propilenglicol: Es un líquido incoloro y casi inodoro, de sabor dulce, pero más ácido que el etileno glicol. Es miscible en agua y alcohol y poco soluble en benceno. Esta sustancia se caracteriza por tener

en su estructura química grupos OH con ligera carga negativa, los cuales pueden reaccionar con el ión Ca^{++} a través de enlaces ión-dipolo, así como átomos de hidrógeno que pueden reaccionar con los iones OH^- del hidróxido de calcio ⁽³⁾.

10. Polietilenglicol: Es un líquido bastante viscoso, inodoro y de sabor dulce, miscible con agua, el alcohol y la mayoría de solventes orgánicos. Absorbe más o menos dos veces su peso de la humedad atmosférica. Esta sustancia también se caracteriza por tener en su estructura química grupos OH con ligera carga negativa, los cuales pueden reaccionar con el ión Ca^{++} a través de enlaces ión-dipolo, así como átomos de hidrógeno que pueden reaccionar con los iones OH^- del hidróxido de calcio ⁽³⁾.

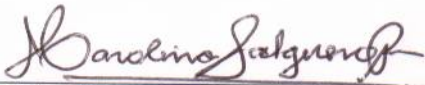
11. Constante de ionización básica: La constante de equilibrio de la ionización de la base ⁽³⁾.

12. Difusión: Movimiento de soluto en el disolvente que resulta del movimiento constante de las moléculas del disolvente y del soluto, aunque la solución parezca inmóvil ⁽³⁾.

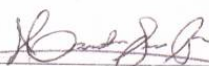
13. Tensión superficial: La tensión superficial de un líquido es la cantidad requerida para estirar o aumentar la superficie por unidad de área ⁽³⁾.

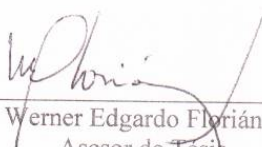
14. Viscosidad: Es una medida de la resistencia de un fluido a fluir ⁽³⁾.

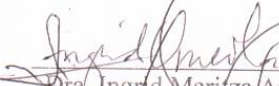
EL CONTENIDO DE ESTA TESIS ES ÚNICA Y EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD
DEL AUTOR



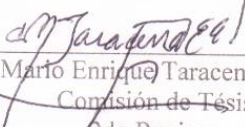
JOHANNA CAROLINA SALGUERO RIOS


Br. Johanna Carolina Salguero Ríos
Sustentante

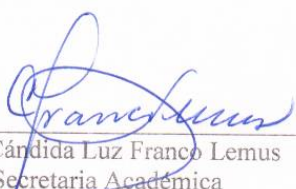

Dr. Werner Edgardo Florián Jerez
Asesor de Tesis


Dra. Angrid Maritza Arreola Smith
Comisión de Tesis
1er Revisor




Dr. Mario Enrique Taracena Enríquez
Comisión de Tesis
2do Revisor

Vo. Bo. Imprimase:


Dra. Cándida Luz Franco Lemus
Secretaria Académica



